

*intan
0.812-600*
127913

A M. KIR. KONKOLY-ALAPITVÁNYÚ
ASTROPHYSIKAI OBSERVATORIUM
KISEBB KIADVÁNYAI.

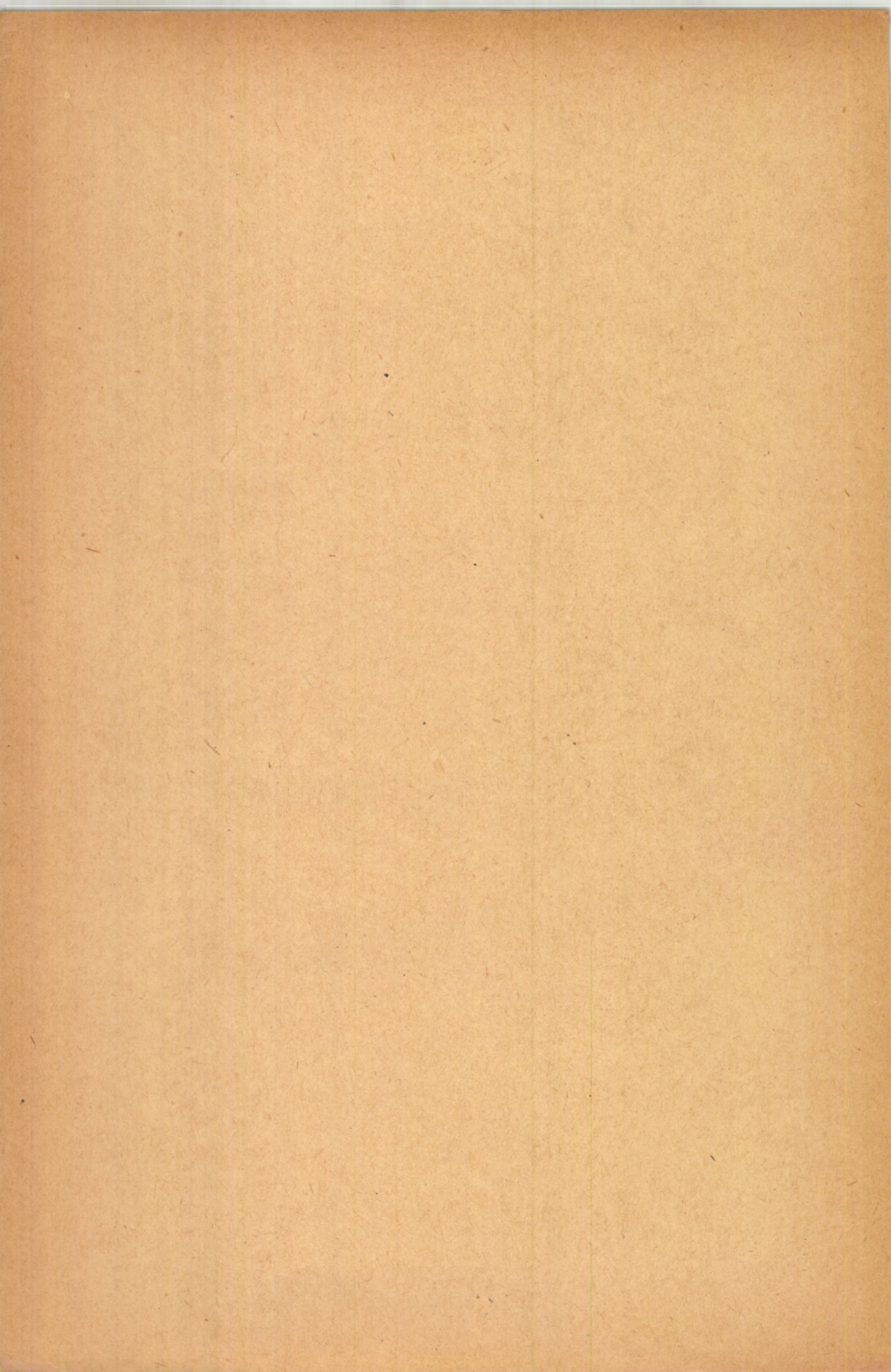
10.

β LYRÆ PÁLYAELEMEINEK
KISZÁMITÁSA
SPEKTROSKOPIAI ÉS PHOTOMETRIAI ADATOKBÓL.

DE TERKÁN LAJOS.

BUDAPEST.

1906.



A M. KIR. KONKOLY-ALAPITVÁNYÚ
ASTROPHYSIKAI OBSERVATORIUM
KISEBB KIADVÁNYAI.

10.

β LYRÆ PÁLYAELEMEINEK
KISZÁMITÁSA
SPEKTROSKOPIAI ÉS PHOTOMETRIAI ADATOKBÓL.

DE TERKÁN LAJOS.

BUDAPEST.

1906.

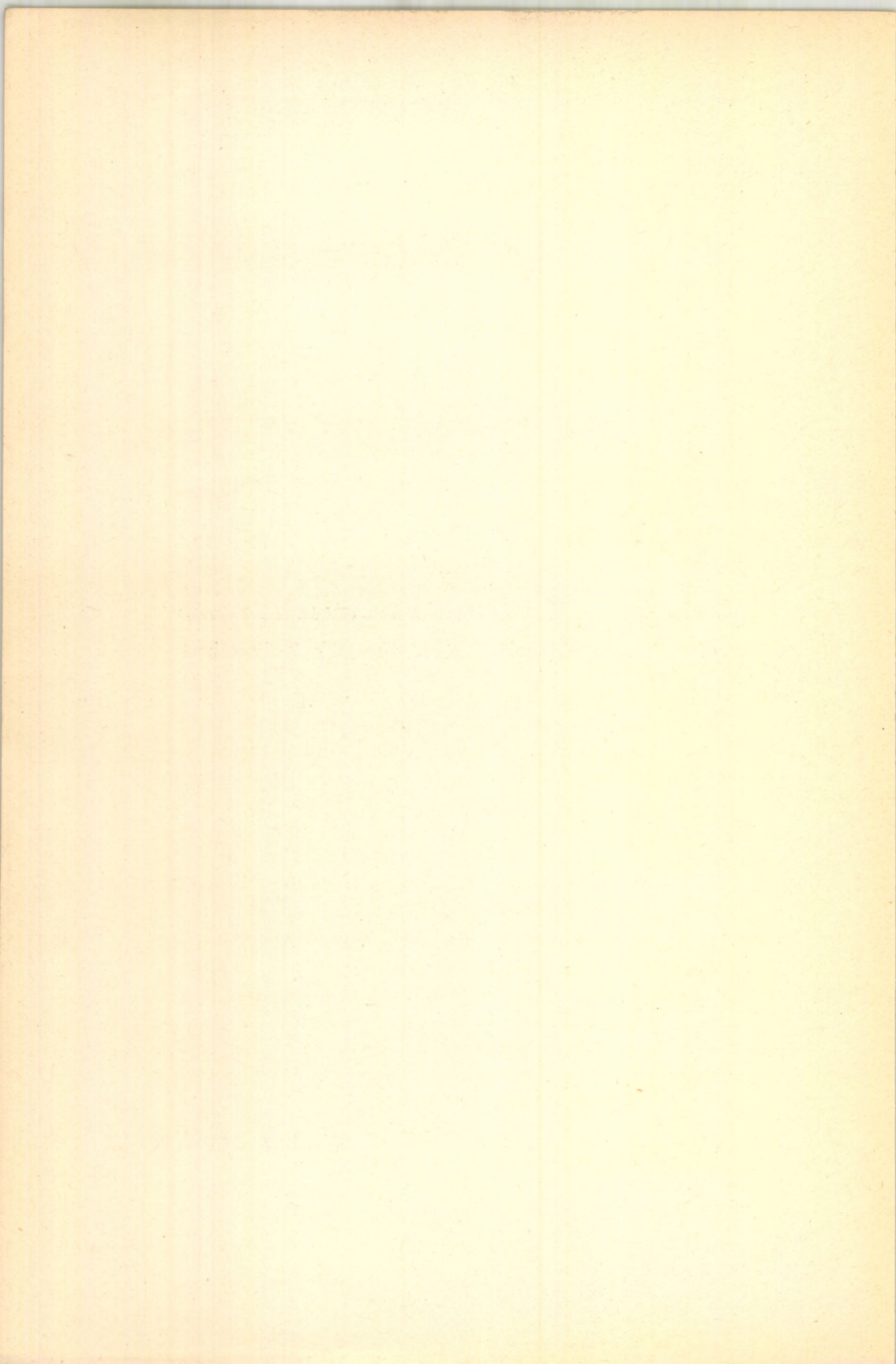
127913

MAGY. AKADEMIA
KÖNYVTÁRA



E munka először a **M. T. Akadémia** kiadásában a **Mathem.**
és **Természettudományi Értesítő XXIV.** kötetének 3. füzetében
jelent meg.





β Lyræ főképviseleje a változó csillagok azon osztályának, melynek tagjai fehéres vagy sárgás színűek, spektrumuk az első vagy második spektraltípusba tartozik, fényváltozásuknak tartama néhány nap és 2—3 hónap között ingadozik s ez idő alatt majdnem egy teljes nagyságrendű és folytonos fényváltozást mutatnak. β Lyræ szabályos fénygörbéjét már 1784-ben némi tévedéssel GOODRICKE megállapította, s a későbbi kutatók: ARGELANDER, OUDEMANS, SCHÖNFELD igen nagy pontossággal határozták meg. Ezek szerint két teljesen egyenlő fénymaximumot, egy fő- és egy mellékminimumot mutat 12.91 nap alatt.

E jelenség megmagyarázására¹ többen oly periodikusan végbemenő foltképződésre gondoltak, mint ez Napunknál észlelhető. Minthogy e foltképződéseknek hihetetlen gyorsasággal kellene lefolyniok, ZÖLLNER valószínűbb feltevést keresett: a csillag felületének egyes helyeken való lehülésére gondolt. β Lyrænél ezen lehülési termékek a két szemközti oldalon volnának, az egyikén nagyobb mennyiségben, mint a másikon. PICKERING ehhez még egy föltevést vett segítségül, ellipsoidalakot tételezett fel, melynek forgási tengelye a legrövidebb tengely. Ily módon sikerült is neki oly empirikus formulát levezetni, mely a fényváltozást eléggé előállítja. Tüstént beláthatjuk, hogy e föltevések magyarázatnak jók, de nem engednek eléggé bepillantani e jelenségek physikai természetébe.

Sokkal hihetőbb ama föltevés, mely e fényváltozást két oly szorosan közel fekvő égi test kölcsönös takarására vezeti

¹ Die Photometrie der Gestirne. G. MÜLLER. 1897.

vissza, melyek egy közös súlypont körül keringenek. Képzeljük, hogy Földünk ily rendszer pálya síkjába esik és a rendszer két tagja nem egyenlő fényességű. Mikor a két összetevő a látósugáron megy át, fődés áll be és fényminimumok lépnek fel, a látósugárra merőleges irányon átmenve két egyenlő fénymaximum keletkezik. Ily rendszer fölvételével a legnagyobb könnyűséggel magyarázható β Lyræ fényváltozása. Ha pedig több összetevőből álló rendszert gondolunk, a legbonyolódottabb fénygörbét is tudjuk magyarázni.

A mióta a DOPPLER-féle elv alkalmazása az astrophysikában mind jobban tért hódít, a kettős és többszörös rendszerek felvétele mellett mindig hatalmasabb bizonyítékok szólnak. β Lyræ spektrumának vizsgálatára már régebben történtek kísérletek. Az első kezdetleges eszközök és módszerek csupán annyi felvilágosítást adtak, hogy fényes vonalakat tartalmaz, melyeknek láthatósága periodikus ingadozást mutat. PICKERING¹ 1892-ben több spektrum-fölvételt csinált β Lyræről és azon meglepő eredményre jutott, hogy a fényes vonalak mellett sűrűen vannak absorptiós sávok is és e két vonalrendszer egymáshoz való relativ helyzete változó. Csak VOGELnek és BELOPOLSKYNak sikerült kimutatni, hogy a világos és sötét vonalak egymáshoz való relativ helyzete a fényváltozással a legszorosabb összefüggésbe hozható. VOGEL vizsgálatainak alapjául dr. WILSING 1893-ban készített 144 fölvétele szolgált, melyek a legnagyobb körültekintéssel készültek. Egy este több fölvételt készített WILSING különböző expositióval, hogy különösen a légköri viszonyoktól lehetőleg ment adatokhoz jusson. Különös figyelmet érdemelnek a H_γ és H_β hydrogen fényes vonalak és a mellettük levő erős absorptiós sávok helyzetében mutatkozó eltolódások a fényváltozás különböző phasisaiban. A fényminimumok idejét az akkor még nem pontos ARGELANDER-féle formulával számítva, ez időpontban a világos és sötét sáv majdnem egymás mellett van, a világos a szinkép vörös része felé, a sötét az ibolya felé eső oldalon, a sötét mintha takarná egy kissé a világos ibolya felőli szélét. Az első maximum idején a sötét sáv mindjobban fűdi a

¹ Über das Spectrum von β Lyræ. H. C. Vogel. 1894.

világosat, a világosból egy kis sáv már az ibolya felé tolódik. A mellékminimum körül a sötét sáv majdnem a világos közepén foglal helyet. A *II* maximumban alig mutat az előbbihez képest változást a szinkép. E tünetény azonos módon jelentkezik több más élesen látszó vonalnál is. A mellékminimum és *II* maximum közé eső időpontban készült egyik felvétel szerint a világos majdnem teljesen az ibolya felőli oldalra tolódott.

VOGELÉVEL azonos eredményre jutott Belopolsky is, ki 76 cm-es nyílású refractorán már Vogel előtt, 1892-ben, akkor még nem tökéletesített spektrographjával csinált számos felvételt és különösen vizsgálat tárgyává tette az *F*, *D*₃, $\lambda=447\mu\mu$ és $\lambda=448\mu\mu$ vonalakat. Ő még tovább is ment, a világos és sötét vonaloknak nemcsak egymáshoz való relatív helyzetét mérte ki, hanem földi fényforráshoz, a mesterséges *F* vonalhoz képest észlelhető eltolódásukat is. Mérései a fényes *F* vonalra periodikus eltolódást adtak, a sötét *F* vonalra pedig egyirányút.

Mindketten még azt is tapasztalták, hogy a főminimum idején a szinkép intenzitása gyengül, az absorptió sávok egész világosan jelennek meg, a maximumok idején az absorptió sávok kevésbé világosak, a fényesek erősbödnek, a szinkép intenzitása nő.

Az első pillanatban önkéntelenül azon gondolat nyugtalanít bennünket, hogy β Lyrænek oly kettős csillagnak kell lennie, melynek összetevői igen közel vannak egymáshoz. A vázolt spektroszkopiai eredmények ellentmondanak oly feltevésnek, mely szerint közös súlypontjuk körül keringő, kettős rendszert képező, egy intensíven világító és egy kevésbé világító, csillagokkal volna dolgunk. Ily rendszernél minimum idején a látósugár irányába eső összetevők zérussá válnak, a fényes és sötét vonaloknak tehát teljesen fedniök kellene egymást, nem pedig egymás mellé helyezkedniök; maximumok idején ellenkező értelmű és a legnagyobb eltolódást kellene mutatniok. β Lyrænél tehát el kell ejtenünk a közös súlypont körül keringő kettős rendszer föltevését.

A következőkben oly föltevést kísérték meg bemutatni, melylyel ez ideig még senki sem foglalkozott, melynek nemcsak a legnagyobb valószínűsége, hanem teljes bizonyossága is

ki fog derülni. Azt állítom, hogy β Lyræ oly kettős csillag, melynek egyik összetevője aránylag nagy és kevésbé fényes és a rendszer pályájának focusában van, állandóan felénk jön, a másik aránylag kicsiny, fölötte intensíven világít és igen csekély excentromosságú pályán mozog a kevésbé fényes körül. A fő fényminimum akkor lép fel, mikor a sötét csillag eltakarja előlünk a világosat, a mellékminimum pedig akkor, mikor a világos kerül a sötét elé, a maximumok pedig akkor, mikor a látósugárra merőleges irányban a legnagyobb kitérést éri el az intensív fényű összetevő. E föltevésből következik, hogy a sötét test kísérlője, az intensivebben világító csillag, a fő fényminimum után felénk közeledni tartozik. BELOPOLSKYNak a fényes F' vonalra végzett mérései azonban tőlünk való távolodását adják. Ennek azonban nem tulajdoníthatunk nagyobb fontosságot, mert 1897-ben maga BELOPOLSKY,¹ a DOPPLER-féle elv lángelméjű alkalmazója, már finom módszerével végzi ez évi fölvételein az eltolódások kimérését és minden kétségen felül úgy találja, hogy a kísérlő a fő fényminimum után tényleg felénk jön, nem pedig távolodik, csak a periastron átmenet időpontját nem tudta egyeztetni a fényminimumok idejével. Ennek egyszerűen az volt az oka, mint majd fejtegetésemből kitűnik, hogy a számítása alapját képező formula éppen a felmerülő különbségnek megfelelő késéssel adta meg a minimum idejét. E késés éppen 4 óra volt. VOGELnak 1893-iki és BELOPOLSKYNak 1892-iki észleléseinél a régi ARGELANDER-féle formula alapján a késés éppen 0.7 napot tett ki, e késést tekintetbe véve, a régebbi spektroszkopiai eredmények is a legteljesebb összhangzásban vannak föltevésemmel. Minthogy értekezésemben a dolog részleteire is ki kell terjeszkednem, nem bocsátkozom e helyen mélyebben föltevés elemzésébe, csak annyit kívántam előrebocsátani, a mennyiből jogosultsága már eleve látható.

Értekezésemet több szempontból bátorkodom a M. T. Akadémia elé terjeszteni. E rendkívül érdekfeszítő jelenség magyarázatába eddig egészen új felfogást viszek be, melyből példát

¹ New investigations of the spectrum of β Lyræ. A. BELOPOLSKY. 1897. The Astroph. Journal. Vol. VI.

látunk a spektroszkopiai és photometriai módszerek egyesítésére a pályaszámításban, mely a pályának eddig teljesen meghatározhatlan elemét, a pálya hajlását is adja, látjuk egyúttal a photometriai adatok tiszta physikai jelentőségét is.

1. β Lyrae pályaelemeinek kiszámítása a látósugár irányába eső sebességi összetevőkből.¹

A koordinátarendszer kezdőpontja legyen a Nap közép-pontjában, a z tengely essék a látósugár meghosszabbításába, a fényes csillag tömege legyen m , koordinátája ξ , a kevésbbé világosé m' , ξ' , a tömegközéppont koordinátája pedig ξ_0 , végül legyen $z = \xi - \xi'$, ekkor a tömegközéppontra

$$(m+m')\xi_0 = m\xi + m'\xi' \quad (1)$$

érvényes.

Az (1) és $z = \xi - \xi'$ -ből differenciálás után

$$\frac{d\xi}{dt} = \frac{d\xi_0}{dt} + \frac{m'}{m+m'} \frac{dz}{dt} \quad (2)$$

egyenlethez jutunk. A fényes összetevő sebessége tehát két tagból áll: egyik a tömegközéppont sebessége, a másik pedig m -nek m' körüli pályájával összefüggő periodikus rész.

A spektroszkopikus adatok $\frac{d\xi}{dt}$ értékét adják a DOPPLER-féle elv alapján, ebből mindig levonandó a tömegközéppont sebessége, hogy a periodikus tagot nyerjük.

Ha $\frac{d\xi_0}{dt} = 0$ volna, akkor

$$\int_0^U \frac{d\xi}{dt} dt = 0, \quad (3)$$

a hol U egy teljes periodus tartama. Ha azonban a (3) nem teljesül, akkor benne van a tömegközéppont sebessége, melyet

$$\frac{d\xi_0}{dt} = \frac{1}{U} \int_0^U \frac{d\xi}{dt} dt \quad (4)$$

¹ Über die Bestimmung einer Doppelsternbahn aus spektroskopischen Messungen der im Visionsradius liegenden Geschwindigkeitscomponente. R. LEHMANN-FILHÉS: Astr. Nachr. Nr. 3242.

ad. Ezt oly módon határozhatjuk meg, hogy mm^2 -es hálózati papírra rajzoljuk a sebességi görbét, abscissának választván a folyó időt, ordinatának a Naphoz viszonyított sebességi össze tevőt. A periodust n egyenlő részre osztván fel

$$\frac{d\xi_0}{dt} = \sum_{r=0}^{n-1} \left(\frac{d\xi}{dt} \right)_r. \quad (5)$$

Ha a pálya hajlása a látósugárra merőleges síkhoz i , a periastron távolsága a felszálló csomóponttól λ , m , m' körüli pályájának fél nagytengelye a , akkor

$$z = r \sin(v + \lambda) \sin i. \quad (6)$$

Minthogy

$$r \frac{dv}{dt} = \frac{na(1 + e \cos v)}{\sqrt{1 - e^2}}$$

$$\frac{dr}{dt} = \frac{nae \sin v}{\sqrt{1 - e^2}},$$

azért

$$\frac{dz}{dt} = \frac{na \sin i}{\sqrt{1 - e^2}} (\cos(v + \lambda) + e \cos \lambda), \quad (7)$$

a (2) pedig

$$\frac{d(z)}{dt} = \frac{d\xi}{dt} - \frac{d\xi_0}{dt} = \frac{na_1 \sin i}{\sqrt{1 - e^2}} (\cos(v + \lambda) + e \cos \lambda), \quad (7a)$$

a hol

$$a = \frac{m'}{m + m'} a,$$

$$n = \frac{h^2 m'^{\frac{3}{2}}}{(m + m') a_1^{\frac{3}{2}}}. \quad (8)$$

A (7a) alatti görbének van egy maximuma $v + \lambda = 0$ érték mellett A és egy minimuma $v + \lambda = 180^\circ$ mellett B és pedig:

$$A = \frac{na_1 \sin i}{\sqrt{1 - e^2}} (1 + e \cos \lambda), \quad (9)$$

$$B = \frac{na_1 \sin i}{\sqrt{1 - e^2}} (1 - e \cos \lambda).$$

Ezekből:

$$e \cos \lambda = \frac{A - B}{A + B}. \quad (I)$$

A (7a) alatti görbe zérus lesz v_1 és $360^\circ - v_1 = v_2$ értékek mellett. Ezek között

$$\begin{aligned}\sin(v_1 + \lambda) &= -\sin(v_2 + \lambda) = -\frac{2\sqrt{AB}}{A+B} \\ \cos(v_1 + \lambda) &= \cos(v_2 + \lambda) = -\frac{A+B}{A-B}\end{aligned}\quad (10)$$

összefüggések állanak fönn.

Minthogy

$$\begin{aligned}(z_1) &= r_1 \sin(v_1 + \lambda) \sin i = \int_{t_0}^{t_1} \left(\frac{d\zeta}{dt} - \frac{d\zeta_0}{dt} \right) dt, \\ (z_2) &= r_2 \sin(v_2 + \lambda) \sin i = \int_{t'_0}^{t_2} \left(\frac{d\zeta}{dt} - \frac{d\zeta_0}{dt} \right) dt,\end{aligned}\quad (11)$$

$$r = \frac{p}{1 + e \cos v};$$

azért

$$e \sin \lambda = \frac{2\sqrt{AB}((z_1) + (z_2))}{(A+B)((z_2) - (z_1))}. \quad (II)$$

A (11)-ben t_0 és t'_0 a sebességi görbe szélső értékeihez tartozó és a periodus kezdetétől számított idők, t_1 és t_2 a görbe zéruspontjaihoz tartozó abszcissák. A (z_1) és (z_2) planimeterrel határozhatók meg. Ezek után (I) és (II), e és λ pályaelemeket egyértelműleg adják meg.

A (9) alatti egyenletekből pedig

$$a_1 \sin i = \frac{A+B}{2n} \sqrt{1-e^2} = \frac{A+B}{4\pi} U \sqrt{1-e^2}, \quad (III)$$

a hol

$$n = \frac{2\pi}{U}.$$

Ha a kevésbbé világos összetevő színekében is sikerül az eltolódások nagyságát pontosan kimérni, akkor közvetlenül $\frac{dz}{dt}$ -ből indulva ki m -nek m' körüli pályaelemeit nyernők (I), (II), (III) egyenletekből, melyekben a $\frac{dz}{dt}$ által jellemzett görbe szélső értékei használandók fel.

Ez utóbbi esetben a középnapí mozgás:

$$n = \frac{k \sqrt{m+m'}}{a^{\frac{3}{2}}},$$

melyből a két tömeg összege

$$m+m' = \frac{(2\pi)^2 (a \sin i)^3}{U^2 k^2 \sin^3 i}. \quad (\text{IV})$$

Ha sikerülne valami módon a pálya hajlását is megállapítani, akkor a (8) első egyenlete alapján a tömegek viszonya is kiértékesíthető. A spektroskopikus adatok a dolog természete szerint a hajláshoz nem engednek hozzáférni, más vele összefüggő jelenség megfigyeléseiből kell tehát leszámaztatnunk. β Lyrænél BELOPOLSKY 1897. évi spektroskopiai adataira támaszkodva megkísérlettem fénygörbéje származtatásának helyes értelmezést adni, melyből nemcsak a hajlást, hanem a pálya excentromosságát is nyerhettem.

BELOPOLSKY 1897. év június, július és augusztus hónapjaiban másodszor is és még nagyobb gonddal igyekezett a kísérő pályáját megállapítani. A $\lambda=448.2 \mu\mu$ vonal eltolódásait mérte ki. Az egyes sebességi adatokhoz abszisszául választotta a legközelebbi fényminimumtól eltelt időt. A fényminimumok idejét az *Annuaire du Bureau*-ból vette ki, mely szerint a fenti hónapokban a következő napokon következtek volna be a főfényminimumok: 1897 június 9-én 11^h , június 22-én 9^h , július 5-én 7^h , július 18-án 5^h , július 31-én 3^h -kor pulkowai középideőben.

Ezen adatokban egy kis hiba rejlik. 1897-ben PANNEKOEK¹ igen megbízható megfigyelésekre támaszkodva a fényminimum idejét előállító ARGELANDER-féle formulát megvizsgálván, azon eredményre jutott, hogy javításra szorul. Szerinte

$$1855 \text{ jan. } 6^d.604 + 12^d.908009E + 0.000003855E^2 - \\ - 0.00000000047E^3$$

formula adná pontosan a főfényminimum idejét greenwichi középideőben. Benne E 1855 január 6-tól lefolyt periodusok számát jelenti.

E szerint az $\varepsilon = 1201$ -ik periodus 1897 június 22-én

¹ Untersuchungen über den Lichtwechsel von β Lyræ. ANT. PANNEKOEK: Astr. Nachr. Nr. 3456.

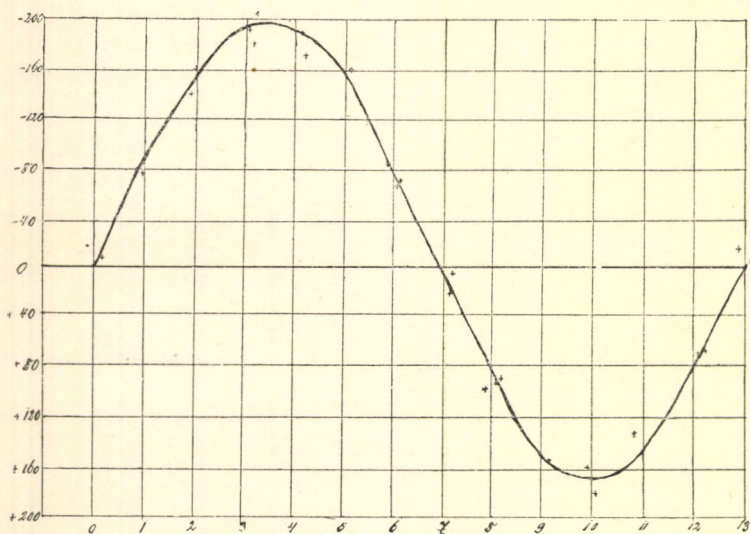
14^h59^m-kor lett volna greenwichi időben. Minthogy Pulkowa Greenwichnél 2^h1^m-val keletebbre van, azért Pulkowán 17^h-kor állt volna be, tehát épen 8 órával később, mint az Annuaire du Bureau szerint. 1905 nyári hónapjaiban hosszabb ideig követtem β Lyrae fényváltozását, s igen pontos photometriai észleléseimből nyertem, hogy a fényminimum legalább is 4 órával előbb áll be, mint PANNEKOEK formulája adja. Ennélfogva a késés 4^h-ra szállítható le. A következő I. táblázat összeállításánál már ezt tekintetbe vettem, a sebességi görbét már ez alapon rajzoltam meg.

I. TÁBLÁZAT.

A sebességi görbe adatai BELOPOLSKY észleléseiből.

Az észlelés ideje pulkowi közép-időben	Fő minimumok		A Naphoz viszonyított sebesség km-ben	Phasis	
	Annuaire du Bureau szerint	1905. évi megfigyeléseim alapján		Annuaire du Bureau szerint	Megfigyeléseim szerint
1897 június	1897 június	1897 június			
20 ^h 48	9 ^h 46	9 ^h 62	+135 ^h 6	+11 ^h 03	+10 ^h 86
22 ^h 50	22 ^h 37	22 ^h 53	— 19 ^h 3	+ 0 ^h 15	+12 ^h 88
23 ^h 52			— 78 ^h 8	+ 1 ^h 16	+ 0 ^h 99
24 ^h 49			—141 ^h 1	+ 2 ^h 12	+ 1 ^h 96
24 ^h 52			—161 ^h 8	+ 2 ^h 15	+ 1 ^h 99
28 ^h 48			— 82 ^h 7	+ 6 ^h 11	+ 5 ^h 95
30 ^h 46			+105 ^h 1	+ 8 ^h 09	+ 7 ^h 93
1897 július					
2 ^h 49			+158 ^h 7	+10 ^h 12	+ 9 ^h 96
8 ^h 49	1897 július 5 ^h 28	1897 július 5 ^h 44	—191 ^h 8	+ 3 ^h 12	+ 3 ^h 05
8 ^h 52			—178 ^h 8	+ 3 ^h 24	+ 3 ^h 08
9 ^h 47			—190 ^h 5	+ 4 ^h 20	+ 4 ^h 03
10 ^h 46			—157 ^h 8	+ 5 ^h 18	+ 5 ^h 02
11 ^h 46			— 65 ^h 6	+ 6 ^h 18	+ 6 ^h 02
12 ^h 47			+ 24 ^h 0	+ 7 ^h 20	+ 7 ^h 03
13 ^h 47			+ 97 ^h 6	+ 8 ^h 20	+ 8 ^h 03
15 ^h 47			+179 ^h 2	+10 ^h 20	+10 ^h 03
17 ^h 46	1897 július 18 ^h 20	1897 július 18 ^h 35	+ 76 ^h 7	+12 ^h 19	+12 ^h 02
21 ^h 46			—204 ^h 2	+ 3 ^h 28	+ 3 ^h 11
22 ^h 46			—174 ^h 2	+ 4 ^h 28	+ 4 ^h 11
24 ^h 43			— 68 ^h 9	+ 6 ^h 25	+ 6 ^h 08
25 ^h 43			+ 4 ^h 0	+ 7 ^h 25	+ 7 ^h 08
26 ^h 42			+ 94 ^h 8	+ 8 ^h 24	+ 8 ^h 07
27 ^h 43			+156 ^h 1	+ 9 ^h 25	+ 9 ^h 08
30 ^h 42	1897 július 31 ^h 10	1897 július 31 ^h 26	+ 75 ^h 0	+12 ^h 24	+12 ^h 07
31 ^h 43			— 7 ^h 7	+ 0 ^h 34	+ 0 ^h 17
1897 auguszt. 2 ^h 40			—151 ^h 1	+ 2 ^h 31	+ 2 ^h 14

A 4. és 6. rovat adatai alapján β Lyræ sebességi görbéje:



1. ábra. β Lyræ sebességi görbéje.

E görbe szerint a kísérő sebessége zérusértéket vesz fel majdnem pontosan a főminimum idején és 6.90 nap alatt utána, a legnagyobb értékeket 3.40 és 9.90 nap múlva éri el a főminimum után. Az előrebecsített elmélet alapján a rendszer tömegközéppontjának sebessége: -14.8 km. A (7a) szélső értékei:

$$A = 182.5 \text{ km.}$$

$$B = 179.6 \text{ „}$$

A periodus tartama: 12.91 nap. A spektroskopikus adatokból kiszámítható pályaelemek tehát:

$$\begin{aligned} e &= 0.07 \\ \lambda &= 83.4 \end{aligned} \quad (13)$$

$$a_1 \sin i = 32000000 \text{ km.}$$

A periastronátmenet ideje, azaz mikor $v=0$:

$$\tau = + 0^d 0^h.$$

BELOPOLSKY az Annuaire du Bureau adatai után $\tau = 0^d 4^h$ órát kapott, mit a főminimum idejének pontos megállapíthatása el-
tűntetni engedett.

A további discussio alapját β Lyræ fénygörbéjének tulaj-
donságai és ama tény adják meg, hogy a főminimum és peri-
astronátmenet ideje összeesik.

2. β Lyræ fénygörbéjének megállapítása. β Lyræ fényes-
ségének meghatározására az ó-gyallai astrophysikai obser-
vatorium ZÖLLNER-féle nagy photometere szolgált, melynek
három különböző objectívje van, melyek alkalmas választásával
a fényváltozás minden phasisa jól követhető. E műszer elméletét
e helyen elhagyom, hanem utalok intézetünk harmadik kisebb
kiadványára,¹ melyben kedves barátom és kollegám, TASS ANTAL,
részletesen fejtegeti e műszer elveit.

Photometriai észleléseimet a II. táblázatba foglaltam össze.
A megméréndő csillagot, β Lyræ-t, mindig β -val jeleztem, össze-
hasonlító csillagjait pedig:

γ =	Potsdamer	Durchmusterung	II. 3206.	sz. csillagja.	Fényessége:	3.56
a =	"	"	II. 2630.	"	"	2.60
b =	"	"	II. 2616.	"	"	3.98
c =	"	"	II. 2647.	"	"	4.04
d =	"	"	II. 3212.	"	"	5.09
e =	"	"	II. 3168.	"	"	5.42
f =	"	"	I. 2879.	"	"	3.90
g =	"	"	I. 2875.	"	"	4.85

¹ M. kir. Konkoly-alapítványú Astroph. Obs. Kisebb Kiadványai. 3.
S. Sagittæ és T. Vulpeculæ photometriai megfigyelései. Tass Antal.

II. TÁBLÁZAT.

 β Lyræ photometrikus megfigyelései.

1905-ben vég- zett megfigye- lések ógyallai középidejében	Csillag neve	Beállítások				J	Z	$\lg \sin^2 J$	Extinctional corrected \lg $\sin^2 J$	Különbség		Magnitudo	Közép	Levegő
		I.	II.	III.	IV.					lg-ban	mg-ban			
Julius 14														
11 ^h 47 ^m	γ	22° 2	21° 8	17° 3	18° 8	20° 25	15° 7	9·0783	9·0801	+0·0344	+0·093	3·65		
11 48	β	18·4	20·7	19·3	18·8	19·30	16·2	9·0383	9·0403					
11 49	β	20·3	19·0	19·0	19·9	19·55	16·2	9·0492	9·0512					
11 50	γ	18·2	19·5	19·3	19·8	19·20	16·2	9·0340	9·0360	-0·0097	-0·023	5·43	3·60	3
Julius 16														
11 ^h 34 ^m	α	31·0	31·0	35·2	33·3	32·62	47·3	9·4632	9·5036	+0·7467	+1·87	4·47		
11 42	γ	18·9	17·8	17·8	19·8	18·57	15·4	9·0061	9·0078	+0·2509	+0·63	4·19		
11 44	β	14·7	12·5	15·2	12·8	13·80	15·8	8·7551	8·7569				4·36	2
Julius 19														
12 ^h 00 ^m	b	15·5	15·3	15·2	14·2	15·05	36·9	8·8288	8·8482	-0·1453	-0·36	3·62		
12 02	c	14·4	16·0	15·5	14·4	15·07	37·2	8·8299	8·8498	-0·1437	-0·36	3·68		
12 07	β	18·3	17·0	19·7	17·9	18·22	19·5	8·9901	8·9935					
12 09	γ	19·2	21·4	21·8	22·0	21·10	19·2	9·1126	9·1159	+0·1224	+0·31	3·87	3·72	2
Julius 20														
11 ^h 04 ^m	β	27·7	25·0	27·8	25·7	26·55	14·7	9·3005	9·3020	+0·0435	+0·11	3·67		
11 05	γ	25·0	28·1	30·2	28·8	28·02	15·2	9·3438	9·3455					
11 06	d	12·0	12·7	12·4	11·8	12·22	15·4	8·6513	8·6530	-0·6490	-1·62	3·47		
11 07	β	25·7	29·3	29·7	29·5	28·55	14·7	9·3587	9·3602					
11 08	γ	24·6	27·2	29·4	28·3	27·37	15·2	9·3250	9·3267	-0·0335	-0·08	3·48	3·54	2
Julius 22														
10 ^h 33 ^m	β	34·8	35·2	37·7	36·3	36·00	15·1	9·5384	9·5400					
10 34	e	16·4	16·2	15·0	16·3	15·97	15·8	8·7908	8·8808	-0·6592	-1·65	3·77		
10 35	γ	36·4	37·8	38·1	36·3	37·15	15·7	9·5619	9·5637	+0·0068	+0·02	3·58		
10 36	β	35·4	37·4	37·5	37·0	36·82	15·1	9·5553	9·5569				3·68	2
Julius 23														
10 ^h 52 ^m	β	24·4	22·8	23·7	22·6	23·37	14·7	9·1979	9·1994					
10 53	γ	34·3	32·0	30·9	31·0	32·05	15·2	9·4496	9·4513	+0·2519	+0·63	4·19		
10 54	γ	29·7	30·4	29·0	30·6	29·92	15·2	9·3958	9·3975	+0·1517	+0·38	3·94		
10 56	β	26·7	25·0	23·8	23·6	24·77	14·7	9·2443	9·2458				4·06	3
Julius 28														
12 ^h 8 ^m	β	45·0	42·3	44·7	43·7	43·92	24·5	9·6822	9·6887					
12 11	γ	51·2	52·2	54·2	52·2	52·45	25·0	9·7983	9·8051	+0·1164	+0·29	3·85		
12 13	β	17·8	17·5	17·3	18·0	17·65	24·5	8·9635	8·9700					
12 14	γ	21·4	21·7	19·5	19·0	20·40	25·0	9·0845	9·0913	+0·1213	+0·30	3·86	3·85	3
Julius 29														
11 ^h 37 ^m	β	16·2	14·7	17·3	14·8	15·75	20·5	8·9682	8·9721					
11 39	β	15·0	15·3	14·4	14·0	14·67	20·5	8·8061	8·8100					
11 40	γ	31·2	26·8	25·7	26·8	27·62	21·3	9·3323	9·3366	+0·3925	+0·98	4·54		

1905-ben vég- zett megfigye- lések ógyallai középidejében	Csillag neve	Beállítások				J	Z	lg sin ² J	Extinctional corrigált lg sin ² J	Különbség		Magnitudo	Közép	Levegő
		I.	II.	III.	IV.					lg-ban	mg-ban			
Julius 29														
11 ^h 41 ^m	γ	25°9'28"	25°3'26"	8°26'55"	21°39'30"	59°30'48"								
11 43	β	19°2'18"	7'18"	2'17"	5'18"	40°20'58"	9984	90024	+0·2884	+0·724	4·28			
11 44	β	35°43'53"	6°234'	8°35'97"	20°6'53"	78°9'5418								
11 45	d	25°42'27"	24°0'25"	25°45'21"	09°2663	92705	-0·2713	-0·684	4·41					
11 47	γ	58°0'56"	0°50'05"	55°7'54"	92°21'39"	825998302	+0·2884	+0·724	4·28	4·38	2			
Julius 30														
10 ^h 20 ^m	β	27°2'25"	5°26'324'	7°25'92"	14°6'9'2811	92826								
10 21	e	15°0'16"	8°16'7'15"	2°15'92"	14°88'8764	88779	-0·4024	-1·014	4·41					
10 22	γ	36°34'03"	38°439'	338'57"	15°29'5897	95914	+0·3111	+0·784	4·34					
10 23	d	19°8'19"	2°18'6'18"	7°19'07"	15°19'0284	90300	-0·2503	-0·634	4·46					
10 25	β	27°3'28"	0°28'324'	9°27'12"	14°69'3177	93192								
10 26	β	24°0'25"	0°24'0'25'	3°24'57"	14°69'2377	92392					4·41	2		
Julius 31														
10 ^h 17 ^m	β	25°8'22"	0°22'324'	1°23'55"	14°79'2031	92046								
10 18	γ	27°2'24"	8°24'8'26"	5°25'82"	15°49'2780	92797	+0·0751	+0·193	3·75					
10 23	β	36°8'38"	5°42'0'39'	1°39'10"	14°79'5996	96011								
10 24	e	17°0'18"	3°16'5'19'	3°17'77"	15°88'9691	89709	-0·6302	-1·573	3·85					
10 25	γ	44°8'51"	2°45'446'	3°46'92"	15°49'7271	97288	+0·1277	+0·323	3·88					
10 27	d	21°4'21"	3°21'5'19'	3°20'87"	15°89'1035	91053	-0·4839	-1·213	3·88					
10 28	β	37°2'36"	8°40'139'	8°38'47"	14°89'5877	95892					3·84	2		
Aug. 1														
10 ^h 08 ^m	β	36°3'39"	7°40'343'	2°39'87"	14°69'6138	96153								
10 09	e	16°2'15"	7°15'314'	4°15'40"	15°48'8483	88509	-0·7327	-1·833	3·59					
10 10	γ	38°6'40"	6°42'237'	0°39'60"	15°39'6089	96106	+0·0279	+0·073	3·63					
10 11	d	18°8'17"	2°16'0'17'	3°17'32"	15°88'9475	89493	-0·6334	-1·583	3·51					
10 12	β	37°2'35"	0°37'5'36'	3°36'50"	14°69'5487	95502					3·58	2		
Aug. 2														
10 ^h 03 ^m	β	43°9'45"	6°48'248'	2°46'47"	14°69'7207	97222								
10 05	γ	45°6'40"	3°46'345'	0°44'30"	15°29'6882	96899	-0·0325	-0·083	3·48					
10 06	e	20°8'18"	7°18'0'18'	2°18'92"	15°89'0218	90236	-0·6988	-1·753	3·67					
10 08	β	46°3'45"	9°47'646'	2°46'50"	14°69'7211	97226					3·57	2		
Aug. 3														
9 ^h 57 ^m	β	47°7'45"	6°45'244'	7°45'80"	14°69'7109	97124								
9 59	γ	43°7'48"	1°50'349'	4°47'87"	15°29'7403	97420	+0·0318	+0·083	3·64					
10 01	d	22°3'18"	8°19'318'	8°19'80"	15°89'0597	90615	-0·6487	-1·623	3·47					
10 02	β	43°0'46"	7°47'844'	5°45'50"	14°69'7065	97080					3·67	2		
Aug. 4														
9 ^h 36 ^m	β	42°7'38"	0°42'740'	6°41'00"	15°19'6339	96355								
9 37	e	16°7'15"	8°15'317'	5°16'32"	15°48'8973	88990	-0·7326	-1·833	3·59					
9 38	γ	45°6'51"	2°48'745'	5°47'75"	15°89'7387	97405	+0·1089	+0·273	3·83					
9 39	d	19°8'19"	9°18'1'18'	6°19'10"	16°29°0297	90317	-0·5999	-1·503	3·59					
9 40	β	38°7'40"	5°44'238'	8°40'55"	15°19'6260	96276					3·67	3		

1905-ben vég- zett megfigye- lések ógyallai középidejében	Csillag neve	Beállítások				J	Z	$\lg \sin^2 J$	Extinctioval corrigált \lg $\sin^2 J$	Különbség		Magnitudo	Közép	Levegő
		I.	II.	III.	IV.					\lg -ban	mg -ban			
Aug. 5 9 ^h 54 ^m	β	36° 6	33° 9	38° 1	34° 2	35° 47	14° 6	9·5272	9·5287	—0·6261	—1·573	8·5		
9 55	e	16·8	17·2	16·4	15·3	16·42	15·4	8·9025	8·9042	+0·2035	+0·514	4·07		
9 56	γ	47·8	44·8	49·2	47·3	47·27	15·2	9·7321	9·7338	—0·4815	—1·203	8·9		
9 57	d	21·3	19·0	17·8	19·9	19·50	15·8	9·0470	9·0488					
9 58	β	36·8	33·8	34·7	37·2	35·62	14·6	9·5304	9·5319				3·94	3
Aug. 8 8 ^h 59 ^m	β	47·7	47·3	45·4	47·1	46·87	15·1	9·7264	9·7280	+0·0083	+0·023	5·8		
9 02	γ	47·7	46·4	48·7	49·7	48·12	15·8	9·7438	9·7456	—0·6631	—1·663	4·3		
9 03	d	22·5	18·8	18·0	21·1	20·10	16·2	9·0722	9·0742				3·56	2
9 04	β	45·8	49·2	50·0	47·8	48·20	15·1	9·7449	9·7465					
Aug. 9 10 ^h 00 ^m	β	47·6	45·7	52·2	50·3	48·95	15·7	9·7548	9·7566	+0·0172	+0·043	6·0		
10 02	γ	49·2	48·8	48·0	49·6	48·90	16·0	9·7542	9·7561	—0·6933	—1·733	6·9		
10 03	e	21·7	17·4	21·3	17·3	19·42	16·5	9·0435	9·0456				3·64	3
10 04	β	50·7	44·3	44·5	46·0	46·37	15·7	9·7193	9·7211					
Aug. 10 9 ^h 41 ^m	β	48·3	49·7	44·6	47·2	47·45	14·9	9·7346	9·7362	+0·0382	+0·093	6·5		
9 43	γ	47·5	49·7	53·9	49·5	50·25	15·3	9·7716	9·7733	—0·7093	—1·773	6·5		
9 44	e	18·0	19·4	18·6	19·9	18·97	15·8	9·0240	9·0258	—0·0672	—0·173	7·3		
9 44	β	45·4	50·3	46·2	47·3	47·30	14·9	9·7325	9·7341				3·68	2
9 52	f	38·3	41·4	43·8	41·6	41·27	42·6	9·6386	9·6679					
Aug. 15 9 ^h 50 ^m	β	46·4	47·8	48·7	47·7	47·65	16·9	9·7373	9·7395	—0·7532	—1·883	5·4		
9 51	e	17·7	17·0	19·9	17·7	18·07	18·8	8·9832	8·9863	+0·0245	+0·063	6·2		
9 52	γ	47·6	47·2	51·0	52·0	49·45	17·7	9·7614	9·7640	—0·6381	—1·593	5·0		
9 53	d	20·5	22·8	21·3	18·4	20·75	18·0	9·0987	9·1014				3·54	2
Aug. 16 10 ^h 14 ^m	β	45·8	45·6	46·6	45·3	45·77	19·5	9·7105	9·7141	—0·8099	—2·023	3·40		
10 15	e	17·3	17·3	16·1	14·8	16·37	21·1	8·9998	8·9042	+0·0145	+0·043	6·0		
10 16	γ	45·6	44·2	46·1	51·2	46·77	19·8	9·7250	9·7286	—0·6634	—1·663	4·3		
10 19	d	18·3	20·2	20·4	19·1	19·50	20·0	9·0470	9·0507				3·48	2
Aug. 17 9 ^h 30 ^m	Be csllés szerint t												3·75	
Aug. 18 9 ^h 42 ^m	β	33·2	34·8	34·7	33·3	34·00	16·8	9·4951	9·4973	—0·6496	—1·623	8·0		
9 43	e	15·3	14·8	16·3	15·8	15·55	18·2	8·8565	8·8593	+0·2571	+0·644	2·0		
9 44	γ	52·8	52·8	47·3	45·6	49·62	17·3	9·7636	9·7660	—0·4779	—1·193	9·0		
9 45	d	21·2	17·7	18·6	18·8	19·07	17·7	9·0284	9·0310				3·98	3
5 46	β	34·9	35·1	36·0	34·2	35·05	16·8	9·5182	9·5204					
10 34	β	40·9	34·7	39·8	40·3	38·92	23·4	9·5963	9·6020					
10 35	β	34·7	33·8	33·5	35·5	34·37	23·4	9·5033	9·5090					

1905-ben vég- zett megfigye- lések ógyallái középítőben	Csillag neve	Beállítások				J	Z	lg sin ² J	Extinctioval correctált lg sin ² J	Különbség		Magnitudo	Közép	Levegő
		I.	II.	III.	IV.					lg-ban	mg-ban			
Aug. 18 10 ^h 36 ^m	e	17°315'0	14°716'4	15°8825'1	18°87428'8811					-0.6744	-1.68374			
10 37	γ	43°052'350	753'0	49°7523'69	76539'7711					+0.2156	+0.54410			
10 38	d	19°220'220	018'8	19°5523'89	04929'0552					-0.5003	-1.25384	3.89	3	
Aug. 19 11 ^h 04 ^m	β	34°737'338	836'9	36°9226'89	55739'5655					+0.1098	+0.27383			
11 05	γ	39°042'644	745'3	42°9028'19	66599'6753					-0.5895	-1.47395	3.89	2	
11 06	e	17°316'818	218'6	17°7228'08	96678'9760									
Aug. 20 9 ^h 39 ^m	β	40°443'643	243'4	42°6616'29	66209'6640									
9 42	e	18°816'218	215'8	17°2416'98	94378'9459					-0.7181	-1.80362			
9 46	γ	42°343'745	646'8	44°6016'99	69299'6951					+0.0311	+0.08364			
9 47	d	21°720'319	820'8	20°6517'19	09479'0970					-0.5670	-1.42367	3.64	2	
Aug. 21 9 ^h 44 ^m	β	49°149'245	350'1	48°4218'09	74789'7505									
9 45	e	20°318'818	817'7	18°9019'79	02099'0245					-0.7387	-1.84358			
9 46	γ	48°848'348	950'3	49°0718'69	75659'7595					-0.0037	-0.01355			
9 47	d	22°323'821	022'3	22°3519'09	16019'1633					-0.5999	-1.50359		2	
9 48	β	47°649'451	353'2	50°3718'09	77319'7758							3.57		
Aug. 23 9 ^h 34 ^m	β	36°635'739	336'8	37°1017'39	56099'5633									
9 35	e	17°316'416	217'0	16°7218'58	91788'9207					-0.6468	-1.62380			
9 36	γ	51°244'645	246'7	46°9217'79	72719'7297					+0.1622	+0.41397			
9 37	d	20°323'219	818'8	20°5218'09	08949'0921					-0.4754	-1.19390			
9 38	β	35°738'338	837'3	37°5217'39	56939'5717							3.89	2	
Aug. 24 9 ^h 29 ^m	β	31°232'530	629'0	30°8217'39	41919'4215									
9 32	γ	46°451'251	251'3	50°0217'69	76879'7713					+0.3361	+0.84450			
9 33	d	22°121'620	319'8	20°9518'09	10679'1094					-0.3258	-0.81428			
9 34	β	35°329'830	831'8	31°9217'39	44649'4488							4.39	2	
Aug. 25 10 ^h 02 ^m	β	28°030'928	326'8	28°5023'49	35739'3630									
10 03	e	12°314'213	813'9	13°5525'88	73958'7469					-0.6161	-1.54388			
10 05	γ	38°237'336	334'5	36°5724'49	55029'5566					+0.1936	+0.48415			
10 06	d	14°215'616	915'7	15°6024'88	85928'8659					-0.4971	-1.24385	3.96	2	
10 10	β	32°328'030	229'6	30°0223'49	39849'4041									
10 11	e	15°915'416	814'0	15°5225'88	85498'8623					-0.5418	-1.35407			
10 12	γ	44°047'444	845'6	45°4524'49	70589'7122					+0.3081	+0.77444			
10 13	d	18°618'916	218'8	18°2224'88	98558'9922					-0.4119	-1.03406	4.19	3	
Aug. 28 10 ^h 07 ^m	β	39°338'642	742'2	40°7023'49	62889'6343									
10 08	e	15°314'215	316'8	15°4025'48	84838'8557					-0.7369	-1.84358			

1905-ben vég- zett megfigye- lések ógyallai középidejében	Csillag neve	Beállítások				J	Z	$\lg \sin^2 J$	Extinctióval corrigált \lg $\sin^2 J$	Különbség		Magnitudo	Közép	Levegő
		I.	II.	III.	IV.					lg-ban	mg-ban			
Aug. 28														
10 ^h 10 ^m	γ	38° 64' 8"	42° 9' 38"	40° 52' 24"	49° 62' 55"	9° 63' 19"				+0.0283	+0.07	3.63		
10 12	d	17° 8' 18"	62° 0' 9"	18° 3' 18"	90° 24' 8"	9° 02' 09"				-0.5760	-1.44	3.65		
10 13	β	39° 2' 35"	33° 7' 0"	38° 2' 37"	42° 23' 49"	56° 7' 39"								
10 14	e	17° 0' 15"	41° 5' 0"	15° 8' 15"	80° 25' 8"	8° 7' 00"							3.62	2
Szept. 5														
10 ^h 16 ^m	β	30° 0' 29"	27° 0' 28"	28° 6' 30"	49° 36' 00"	9° 37' 16"								
10 18	e	14° 0' 15"	214° 6' 13"	614° 35' 31"	88° 78' 84"	8° 80' 14"				-0.5509	-1.37	4.05		
10 20	γ	41° 0' 39"	73° 9' 41"	040° 40' 30"	69° 62' 33"	9° 63' 51"				+0.2828	+0.70	4.20		
10 21	d	17° 3' 15"	016° 0' 17"	216° 38' 30"	88° 90' 04"	8° 91' 24"				-0.4399	-1.10	3.99		
10 22	β	26° 0' 27"	82° 8' 26"	827° 20' 31"	89° 32' 00"	9° 33' 30"							4.08	2
Szept. 6														
9 ^h 46 ^m	β	33° 6' 31"	83° 0' 8"	32° 6' 32"	20° 26' 19"	45° 33' 9"								
9 47	γ	45° 8' 47"	243° 2' 42"	644° 70' 26"	29° 69' 44"	9° 70' 22"				+0.2622	+0.66	4.22		
9 48	e	19° 3' 19"	218° 7' 20"	219° 35' 26"	59° 04' 05"	9° 04' 85"				-0.3915	-0.98	4.44		
9 49	β	33° 3' 29"	62° 9' 0"	30° 2' 30"	52° 26' 19"	41° 14' 9"								
9 54	g	25° 8' 23"	023° 9' 23"	324° 00' 41"	99° 21' 86"	9° 24' 66"				-0.1934	-0.48	4.37	4.34	2
Okt. 17														
9 ^h 51 ^m	β	36° 0' 36"	237° 0' 36"	136° 32' 53"	99° 54' 51"	9° 60' 73"								
9 52	γ	44° 8' 40"	241° 8' 37"	241° 00' 53"	89° 63' 39"	9° 69' 57"				+0.0879	+0.22	3.78		
9 53	d	18° 2' 19"	417° 7' 17"	318° 15' 54"	08° 98' 69"	9° 04' 94"				+0.5584	+1.40	3.69		
9 54	β	37° 3' 34"	237° 8' 36"	236° 37' 53"	99° 54' 61"	9° 60' 83"							3.74	2
Okt. 23														
9 ^h 50 ^m	β	42° 4' 41"	743° 1' 43"	442° 66' 57"	99° 66' 13"	9° 74' 17"								
9 51	γ	41° 7' 44"	345° 8' 46"	644° 60' 57"	09° 69' 29"	9° 76' 88"				+0.0271	+0.07	3.63		
9 52	d	22° 0' 20"	020° 0' 20"	620° 65' 57"	39° 09' 47"	9° 17' 21"				-0.5696	-1.42	3.67		
9 53	e	18° 0' 17"	018° 0' 16"	017° 24' 59"	08° 94' 36"	9° 03' 00"				-0.7117	-1.78	3.64	3.65	
Okt. 24														
9 ^h 36 ^m	β	46° 8' 47"	448° 0' 48"	447° 65' 56"	29° 73' 73"	9° 80' 95"								
9 37	e	19° 5' 18"	117° 2' 17"	518° 07' 57"	18° 98' 22"	9° 05' 86"				-0.7509	-1.88	3.54		
9 38	γ	47° 0' 47"	851° 5' 51"	549° 45' 57"	09° 76' 14"	9° 83' 73"				+0.0278	+0.07	3.63		
9 39	d	20° 3' 23"	121° 0' 18"	720° 75' 57"	09° 09' 87"	9° 1746"				-0.6349	-1.58	3.51	3.56	
Nov. 5														
9 ^h 00 ^m	β	46° 0' 47"	345° 0' 44"	945° 80' 57"	99° 71' 09"	9° 79' 13"								
9 01	γ	50° 0' 48"	449° 2' 43"	947° 87' 57"	39° 740' 39"	81' 77"				+0.0266	+0.07	3.63		
9 02	d	20° 0' 19"	122° 0' 19"	119° 80' 57"	69° 05' 97"	9° 1386"				-0.6527	-1.63	3.46		
9 03	e	17° 2' 17"	116° 8' 16"	716° 95' 59"	08° 92' 94"	9° 0158"				-0.7755	-1.94	3.48	3.52	
Nov. 26														
7 ^h 50 ^m	β	47° 4' 48"	247° 5' 49"	348° 10' 58"	59° 74' 35"	9° 82' 72"								
7 51	γ	48° 2' 46"	747° 2' 46"	847° 22' 59"	79° 73' 14"	9° 82' 19"				-0.0063	-0.02	3.54		
7 52	γ	46° 7' 48"	547° 1' 48"	647° 72' 59"	79° 738' 39"	8288"				-0.0221	-0.06	3.50		
7 53	β	49° 8' 50"	248° 6' 49"	849° 60' 59"	29° 76' 33"	9° 850' 9"							3.52	

A PANNEKOEK által javított ARGELANDER-féle formula szerint az 1428. periodus 1905 július 3^d 98-ra esik. Ettől és az utána következő periodusoktól számított phásisokból és az ezekhez tartozó nagyságrendekből állapítható meg a fénygörbe alakja s egyúttal PANNEKOEK javított formulájának értéke. Észleléseimnek ily módon való feldolgozását a III. táblázatban adom.

III. TÁBLÁZAT.

Észlelés ideje ógyallai közép-időben 1905.		Észlelés greenwichi közép- időben		Főminimumok Pannekoek szerint	Phasis	Fényes- ség
Julius	14. 11 ^h 48 ^m	Julius	14.44	Julius 3.98	10.46	3.60
"	16. 11 44	"	16.44	" 16.89	12.46	4.36
"	19. 12 07	"	19.45	"	2.56	3.72
"	20. 11 06	"	20.41	"	3.52	3.54
"	22. 10 34	"	22.39	"	5.50	3.68
"	23. 10 54	"	23.41	"	6.52	4.06
"	28. 12 10	"	28.46	"	11.57	3.85
"	29. 11 41	"	29.44	"	12.55	4.38
"	30. 10 23	"	30.38	" 29.70	0.58	4.41
"	31. 10 24	"	31.38	"	1.58	3.84
Augusztus	1. 10 10	Augusztus	1.38	"	2.58	3.58
"	2. 10 05	"	2.37	"	3.57	3.57
"	3. 9 59	"	3.37	"	4.57	3.56
"	4. 9 38	"	4.35	"	5.55	3.67
"	5. 9 56	"	5.37	"	6.57	3.94
"	8. 9 01	"	8.33	"	9.53	3.50
"	9. 10 02	"	9.37	"	10.57	3.64
"	10. 9 43	"	10.35	"	11.55	3.68
"	15. 9 50	"	15.36	Augusztus 11.71	3.65	3.54
"	16. 10 14	"	16.38	"	4.67	3.48
"	17. 9 30	"	17.35	"	5.64	3.75
"	18. 10 09	"	18.37	"	6.66	3.94
"	19. 11 04	"	19.41	"	7.70	3.89
"	20. 9 39	"	20.35	"	8.64	3.64
"	21. 9 46	"	21.36	" 11.71	9.65	3.57
"	23. 9 36	"	23.35	"	11.64	3.89
"	24. 9 32	"	24.35	"	12.61	4.39
"	25. 10 05	"	25.37	" 24.62	0.75	4.08
"	28. 10 10	"	28.37	"	3.75	3.62
Szeptember	5. 10 19	Szeptember	5.38	"	11.76	4.08
"	6. 9 48	"	6.36	"	12.74	4.34
Október	17. 9 52	Október	17.36	Október 15.26	2.10	3.74
"	23. 9 50	"	23.36	"	8.10	3.65
"	24. 9 36	"	24.35	"	9.09	3.56
November	5. 9 00	November	5.33	" 28.17	8.16	3.52
"	26. 7 50	"	26.28	November 22.96	3.32	3.52

A fénygörbe meghatározása végett válaszszerző abszcissának a phásist, a legközelebbi minimumtól eltelt időt, ordinatának pedig a phásishoz tartozó fényességeket. A 0·15 napon belül eső phásisokból és fényességekből közepeket képezünk. E szerint a fénygörbe pontjait a IV. táblázat adja.

IV. TÁBLÁZAT.

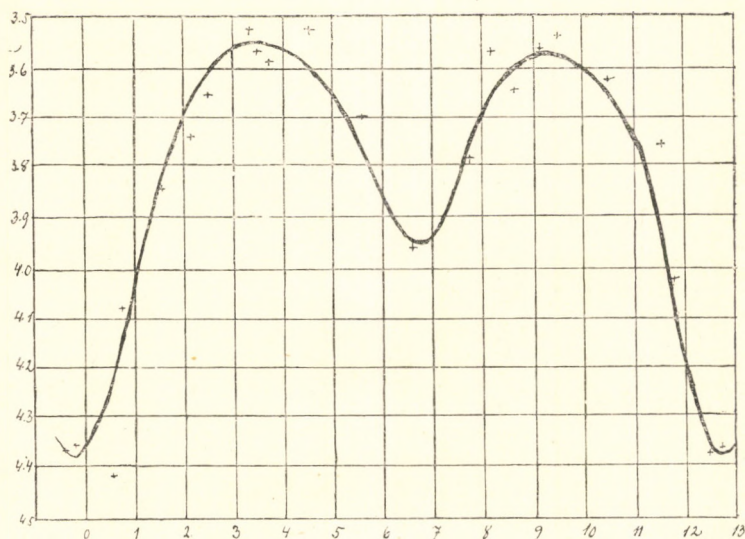
Phasis	Fényesség	Észle- lések száma	Phasis	Fényesség	Észlelések száma
0·58	4·41	3	6·58	3·95	11
0·75	4·08	6	7·70	3·89	2
1·58	3·84	4	8·13	3·57	6
2·10	3·74	2	8·64	3·64	3
2·57	3·65	6	9·09	3·56	3
3·32	3·52	2	9·59	3·53	5
3·54	3·56	5	10·51	3·62	4
3·70	3·58	6	11·56	3·76	5
4·62	3·52	5	11·70	4·02	6
5·56	3·70	6	12·50	4·37	6
6·58	3·95	11	12·69	4·36	5

Ezen adatok alapján a fénygörbét a 2. ábra adja. A ki-egyenlítés a lehető legpontosabb. E görbéből mindenekelőtt azt olvashatjuk le, hogy a PANNEKOEK-féle formula a főminimum idejét valóban későbbre adja, úgy, hogy teljesen jogosult azon feltevésünk, mely szerint a periastronátmenet ideje és a fő-minimum ideje összeesik.

A görbe szerint

- I. minimum — I. maximum között 3·65 nap van
 I. maximum — II. minimum " 3·25 " "
 II. minimum — II. maximum " 2·70 " "
 II. maximum — I. minimum " 3·31 " "

Az I. minimum után az I. maximum 3·65 nap, II. minimum 6·90 nap, a II. maximum 9·60 nap mulva következik tehát be.

2. ábra. β Lyrae fénygörbéje.

3. A pálya excentricitásának és hajlásának kiszámítása photometriai adatokból.

A sebességi görbének és a fénygörbének összehasonlításából kiderül tüstént, hogy azok a legszorosabb kapcsolatban vannak. A periastron, illetve apastron ideje pontosan egyezik a fő-, illetve a mellékminimum idejével, az első fénymaximum valamivel később áll be, mint a sebességi görbe első szélső értéke, a második fénymaximum meg előbb, mint a sebesség második szélső értéke, a kísérő pályájának második felét előbb futja be, mint az első felét. Ez utóbbi esetben azért nem érvényesül a KEPLER-féle második törvény, mert a rendszerre hathatósan észrevehető erő hat naprendszerünk irányából.

A két görbe összehasonlításából egész szabatosan megállapítható az is, hogy semmiesetre sem lehet β Lyrae rendszere oly kettős rendszer, melynek elemei a közös tömegközéppont körül keringenek, mert a két összetevő legnagyobb sebessége idejének a fénymaximumok idejével egyeznie kellene, miután a fényminimumok a peri-, illetve apastron idejével vág-

nak össze. E tüneteményeket tehát csakis oly rendszerrel magyarázhatjuk, mint a minőt a bevezetésben felállítottam.

Feltevéseimből jogosultságának kimutatása után módszert adok a pálya excentricitásának és hajlásának kiszámítására.

Mi a rendszer pályáját nem látjuk, csak a látósugárra merőleges síkra eső vetületét. A minimumok idején a radiusvector vetületeinek a legkisebbeknek, a maximumok idején pedig a legnagyobbaknak kell lenniök. Keressük tehát meg a radiusvector vetületének szélső értékeit.

A spektroskopikus és photometrikus eredmények alapján bizonyos, hogy a pálya nagy tengelyének vetülete a látósugárral és a pálya nagy tengelyével egy síkba esik.

Ennélfogva a radiusvector vetülete a pálya nagy tengelyére:

$$r \cos v.$$

Ennek vetülete a látósugárra merőleges síkra:

$$r \cos v \cos i,$$

a hol i a pálya hajlása. A radiusvector vetülete tehát azon síkra, melytől a pálya hajlását számítjuk:

$$r_0^2 = r^2 \sin^2 v + r^2 \cos^2 v \cos^2 i = r^2 (1 - \cos^2 v \sin^2 i).$$

Helyettesítvén r értékét, nyerjük:

$$r_0 = a(1 - e^2) \frac{(1 - \cos^2 v \sin^2 i)^{\frac{1}{2}}}{1 + e \cos v}. \quad (15)$$

Az r_0 szélső értékeit

$$\frac{dr_0}{dv} = a(1 - e^2) \left\{ \frac{1}{2} (1 - \cos^2 v \sin^2 i)^{-\frac{1}{2}} (1 + e \cos v) 2 \cos v \sin v \sin^2 i + \right. \\ \left. + e \sin v (1 - \cos^2 v \sin^2 i)^{\frac{1}{2}} \right\} \frac{1}{(1 + e \cos v)^2} = 0 \quad (16)$$

követelés adja. Minthogy $(1 - \cos^2 v \sin^2 i)^{\frac{1}{2}}$ általánosságban nem zérus, a (16) teljesül mindkét oldalnak $(1 - \cos^2 v \sin^2 i)^{\frac{1}{2}}$ -vel való szorzása után is.

Ekkor

$$\cos v \sin v \sin^2 i (1 + e \cos v) + e \sin v (1 - \cos^2 v \sin^2 i) = 0,$$

melyből

$$(\cos v \sin^2 i + e) \sin v = 0 \quad (17)$$

feltétel áll elő.

A (17)-et kielégíti

$$\begin{aligned} \sin v &= 0, \\ \cos v &= -\frac{e}{\sin^2 i}; \end{aligned} \quad (18)$$

e két feltételnek négy valóságos anomalia tesz eleget:

$$\begin{aligned} v &= 0, \\ v &= 180^\circ, \\ v &= \arccos\left(-\frac{e}{\sin^2 i}\right), \\ v &= 2\pi - \arccos\left(-\frac{e}{\sin^2 i}\right). \end{aligned} \quad (19)$$

A (18) és (19) szerint r_0 négy helyen érhet el szélső értéket. A $\frac{d^2 r_0}{dv^2}$ vizsgálatából kitűnik, hogy az első két helyen minimum, a másik kettőnél maximum a szélső érték.

Ha $e = \sin \varphi$, M a középanomalia, akkor

$$\frac{dM}{dv} = \frac{r^2}{a^2 \cos \varphi} = \frac{\cos^3 \varphi}{(1 + e \cos v)^2}. \quad (20)$$

A (20)-ból

$$M = n(t - \tau) = \cos^3 \varphi \int_0^v \frac{dv}{(1 + e \cos v)^2}, \quad (21)$$

ebben t a folyó idő, τ a periastron átmeneti ideje.

Az integratio végzése után:

$$n(t - \tau) = 2 \operatorname{arctg} \left\{ \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{1}{2} \varphi \right) \operatorname{tg} \frac{1}{2} v \right\} - \sin \varphi \cos \varphi \frac{\sin v}{1 + e \cos v}. \quad (V)$$

Másrészt

$$n(t - \tau) = E - e \sin E, \quad (VI)$$

a hol E az excentromos anomália.

Az (V) és (VI) alatti egyenletekből értékesíthető ki a pálya excentricitása és hajlása, tekintettel a sebességi és fénygörbe sajátságaira, meg (19)-re.

Egyszerűbb mód is kereshető e és i kiszámítására. Az I. sebességi maximumot 3.40, a II.-at 9.90 nap múlva éri el a periastronon való átmenet után a kísérő. Ha tehát a rendszerre más erő észrevehető hatást nem gyakorolna, 3.21 nap alatt kellene az I. maximumot elérnie, tekintve 12.91 napos keringést. Az I. sebességi maximumra felírható tehát:

$$\frac{2\pi}{12.91} 3.21 = E - e \sin E, \quad (\text{VII})$$

a hol

$$\operatorname{tg} E = \frac{1-e^2}{e}.$$

A (VII) adja

$$e = 0.06$$

értékét, mely valamivel kisebb, mint BELOPOLSKY adata.

A főminimum után az I. fénymaximum 3.65, a II. 9.60 nap múlva áll be. Ha háborgatás nem volna, akkor az I-nek 3.48 nap múlva kellene bekövetkezni a főminimum után, a II-nak pedig előtte. Minthogy a periastronon való átmenet ideje $\tau=0$, azért az I. fényességi maximumra

$$\frac{2\pi}{12.91} 3.48 = E - 0.06 \sin E \quad (\text{VIII})$$

KEPLER-féle egyenlet írható fel, melyből

$$E = 100^\circ 60'.$$

A

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} \nu = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2} = \sqrt{\frac{1.06}{0.94}} \operatorname{tg} 50^\circ 30', \quad (\text{IX})$$

$$\nu = 104^\circ$$

valóságos anomáliát adja a fényességi maximumra.

Ennélfogva a (18) második egyenletéből

$$i = 30^\circ$$

értéket nyerjük.

Jóllehet a sebességi és fényességi görbe adatai igen jók, de ha volna is hibájuk, még ekkor sem jöhet a hajlásra $i=90^\circ$,

mint MYERS¹ nyerte azon feltevésből, hogy a főcsillagot meg a kísérőt is erősen lapult ellipsoidoknak vette fel, mert hibájuk csak kicsiny lehet.

Így tehát a kísérő azon pályájának fél nagytengelye, melyet a rendszer tömegközéppontjára vonatkoztatunk:

$$a_1 = 64000000 \text{ km.} \quad (22)$$

4. *A rendszer összetevőinek meghatározása.* Ha a sötétebb csillagnak a látósugar irányába eső sebességi görbéje is ismeretes volna, megállapíthatnók az összetevők tömegeit is. BELOPOLSKY 1893-ben kevésbé megbízható értékeket nyert ez észlelésekből, hasonlóan VOGELÉIBŐL csak annyit lehet kétségtelenül megállapítani, hogy a kevésbé világító állandóan felénk jön. E mellett szól megdönthetetlenül úgy a fény-, mint a sebességgörbe alakja is, minthogy kétségtelenné vált a periastron átmeneti idejének egyezése a főminimuméval.

Ha nincs is módunkban a sötét összetevő sebességgörbéjét ismerhetni, az előbb említettem tényből e componens egyes helyeken uralkodó sebességére azonban következtethetünk a 2. alapján. Az I. maximum idején $\frac{dz'}{dt} = 0$ vehető, mert 2.-ből következik, hogy alig haladhatja meg ez értékét, a II. maximum idején pedig legalább is 2. $(-14.8) = -29.6 \text{ km}$, vagyis a tömegközéppont sebességének kétszerese lesz $\frac{dz'}{dt}$.

Ennélfogva $\frac{dz}{dt}$ szélső értékei igen nagy megközelítéssel:

$$\begin{aligned} A' &= 197.3 \text{ km.} \\ B' &= 194.4 \text{ „} \end{aligned} \quad (23)$$

Az m m' körül leírt pályájának fél nagytengelye tehát

$$a = 72.050.000 \text{ km.} \quad (24)$$

A (IV) szerint a két összetevő tömege, ha mindent csillagászati egységben fejezünk ki:

$$m + m' = 89 \odot, \text{ naptömeg.} \quad (25)$$

¹ C. MYERS: Untersuchungen über den Lichtwechsel des Sternes β Lyrae. München, 1896.

A (8) első egyenlete folytán:

$$\begin{aligned} m' &= 79^\odot, \\ m &= 10^\odot, \end{aligned} \quad (26)$$

a hol \odot a naptömeget jelenti.

A fénygörbéből pedig az egyes összetevők sugarait vezethetjük le. Legyen I_m a kettős rendszer intensitása maximumkor, I_1 főminimum, I_2 mellékminimum, I_3 a főminimum után 2 nappal, I_4 a mellékminimum után 1·35 nappal. I_3 -hoz tartozó nagyságrend 3·80, I_4 -hez 3·70. A két utóbbi értékhez úgy jutottam, hogy a háborgástól eltekintettem, azaz 3·80, illetve 3·70 nagyságrendekhez tartozó phásisokból közepet vettem.

E fényváltozásokhoz tartozó vetületek a projectiosikon:

$$\begin{aligned} r_{01} &= 0\cdot392 \\ r_{02} &= 0\cdot441 \\ r_{03} &= 0\cdot446 \\ r_{04} &= 0\cdot460 \end{aligned}$$

astronomiai egységben (a földpálya fél nagytengelye = 1).

Ha R a kevésbbé világos csillag sugara, r az intensivebbé és

$$\begin{aligned} x &= \frac{r_{0i}^2 + (R^2 - r^2)}{2r_{0i}} \\ \cos a_i &= \frac{x}{R} \\ \cos a'_i &= \frac{r_{0i} - x}{r} \\ T_i &= R^2 \pi \frac{a_i}{180^\circ} - \frac{r_{0i}^2 + R^2 - r^2}{2r_{0i}} R \sin a_i \\ T'_i &= r^2 \pi \frac{a'_i}{180^\circ} - \frac{r_{0i} - (R^2 - r^2)}{2r_{0i}} r \sin a'_i, \\ &\quad i=1, 2, 3, 4 \end{aligned} \quad (27)$$

akkor

$$\begin{aligned} (T_1 + T'_1) i_2 &= I_m - I_1 \\ (T_2 + T'_2) i_1 &= I_m - I_2 \\ (T_3 + T'_3) i_2 &= I_m - I_3 \\ (T_4 + T'_4) i_1 &= I_m - I_4 \end{aligned} \quad (28)$$

összefüggések írhatók fel. A (28)-ban i_2 a fényesebb összetevő terület egységére eső intensitás a projectiosíkon, i_1 pedig a kevésbbé fényesé. $T_i + T'_i$ az eltakart terület a projectiosíkon.

A (28) R és r -re

$$\begin{aligned} R &= 0.35 \\ r &= 0.12 \end{aligned} \quad (29)$$

értékeket adja astronomiai egységben, azaz

$$\begin{aligned} R &= 52.050,000 \text{ km.} \\ r &= 15.300,000 \text{ „} \end{aligned}$$

Ha σ m' közepsűrűsége, s pedig m -é, akkor

$$\sigma = \frac{s}{5}. \quad (30)$$

Az

$$\frac{i_1}{i_2} = 0.64. \quad (31)$$

A kísérő tehát tényleg intensivebb fényű, már sűrűsége is 8-szor oly nagy, mint a főcsillagé. E szerint a fejlődésben már előbbre van, a centrumában már hatalmas mag is lehet, ellenben a főcsillag, ha nem is gáz egész tömegében, de csak a fejlődés első stadiumában lehet. E két óriási égi test a periastronban is 9-szer oly messze van egymástól, mint a Hold a Földtől, a külső felületük távolságát értve.

β Lyrae kettőscsillag jellemzői tehát, ha nem is pontosan, de a valóságnak igen nagy megközelítésével:

$$\begin{aligned} e &= 0.06 & R &= 52050000 \text{ km.} \\ \lambda &= 90^\circ & r &= 15^\circ 300000 \text{ „} \\ i &= 30^\circ & m' &= 79^\circ \\ a &= 72050000 \text{ km.} & m &= 10^\circ \\ a_1 &= 64000000 \text{ „} & s &= 5\sigma \\ & & i_1 &= 0.64i_2, \end{aligned}$$

az i_2 a kísérőnél a projectio területegységére eső intensitás.

Ezen eredményeinkből a rendszer physikai állapotára igen fontos következtetést vonhatunk le. A kísérő tényleg intensivebb fényű, a sűrűsége pedig 5-ször oly nagy, mint a főcsillagé. A kísérő tehát a fejlődésben előbbre van, hatalmas

magja lehet, melyet óriási tömegű izzó gázréteg, chromosphæra, vesz körül. E majdnem még egészében izzó gázburok adja az igen nagy nyomásra valló széles és fényes hydrogenvonalakat, a fémek vonalai, mint a magnesiumé, $\lambda=448.2\mu\mu$, habár élesen, de csak halványan jelennek meg; ez utóbbi periodikus eltolódásaiból határozta meg BELOPOLSKY a kisérő pályáját. A főcsillagnak már szintén van magja, melyet aránylag gyengébben izzó gázburok vesz körül, melynek hydrogenvonalai nem is tűnhetnek fel oly fényesen, mert a legkülső gázrétegben erős absorptiót szenvednek. A gyengébb intensitás és kisebb sűrűség kisebb nyomásra is mutat, innen van, hogy az absorptió sávok nem is olyan szélesek, mint a fényes sávok. A fényes vonalak szélesedése tehát nem kettőződés, hanem a roppant nagy nyomásnak természetes következménye. Hogy VOGEL észlelései szerint az akkor számított minimum idején a fényes sávok nem látszottak oly széleseknek, mint a fényváltozás egyéb phasisai alatt, egyszerűen onnan származott, hogy a minimum csak 0.7 nap múlva állt be a valóságban, a fényes sáv egyik oldalát (az ibolya felé esőt) tehát az absorptió sáv még fődte. BELOPOLSKY 1893-iki méréseiben egyébként is igen nagy hibák lehettek, mert a sötét sávok eltolódását sokszorta nagyobbban mérte, mint a milyenre a tömegközéppont sebessége vall. A széles vonalak kettőződött felfogása meg nagyban elősegítette a fényes F -re nyert periodikus eltolódások ellenkező irányát.

Felfogásom tehát szép összhangban van β Lyræ spektrumának jellegével, melyet VOGEL az I. spektraltípusba helyez. Sokkal jobban, mint MAYERSÉ, ki két teljesen gázállapotú ellipsoidtömeggel igyekezett a rendszert megvilágítani. β Lyræ rendszerét tehát, melyet VOGEL még 1905-ben is nagyon titokzatosnak mond, ha nem is teljesen, de mégis eléggé kielégítően igyekeztem megmagyarázni.

Ha még a főminimum és mellékminimum idején a látszó pályán a componensek távolságát kimérnök, nyernök a'' azon szöget, mely alatt a csillag pályájának fél nagytengelye a Földről látszik, melyből

$$\pi = \frac{a''}{a}$$

parallaxishoz jutnánk, azon szöghöz, mely alatt a földpálya fél nagytengelye látszik a csillagról. Ebből pedig a rendszer távolságát kapnánk meg.

Befejezésül még két megjegyzést kívánok tenni. A pálya háborgására vall ama körülmény is, hogy a periodus nem állandó. Ez az egyik. A másik a fénygörbére vonatkozik. A két összetevő a valóságban már a fénymaximumok előtt és után is annyira van egymástól, hogy a fődés a projectiosíkon nem áll be a valóságban. Ezen idő alatt a fényességnek tehát állandónak kellene lennie, pedig a fénygörbe, habár csekély, de folytonos változást mutat. Ennek magyarázata abban keresendő, hogy szemünk vagy a távcső a rendszert felbontani nem képes és nagyobb korongban egyesíti azon fénysugarakat, melyek a térben ugyanazon távolságból, de szélesebb mezőről jönnek.

(A M. T. Akadémia III. osztályának 1906 április 2.-án tartott üléséből.)

Magyar Tudományos Akadémia
Könyvtára 6049 195. 2. sz.

FRANKLIN-TÁRSULAT NYOMDÁJA.